

Title	鋼構造物の弾塑性安定問題と設計方式に関する研究(Abstract_要旨)
Author(s)	宮村, 篤典
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	1972-01-24
URL	http://hdl.handle.net/2433/213807
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

氏 名	宮 村 篤 典 みや むら あつ のり
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 480 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 1 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	鋼構造物の弾塑性安定問題と設計方式に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 若 林 実 教 授 横 尾 義 貫 教 授 石 崎 潑 雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は部材としてあるいはその集合系である骨組としての弾塑性安定問題を塑性解析の立場から定性的かつ定量的に論じ、これより帰納される結果に基づき安定性を考慮した塑性設計に関する一方式を述べたものである。鋼構造物の非弾性安定問題はいわゆる固有値問題としての分岐現象と曲げ問題としての不安定現象に大別されるが、前者は弾性問題として既に古くから取り扱われてきた座問題の延長にあり、解析的には二種の異なる変形様式が共存する釣合点を求める問題に帰する。また、後者は構造系の曲げ変形様式の過程において材料の非弾性と系の幾何学的位置変化により安定限界点を呈するものである。

第1章ではこのような非弾性安定問題ならびにこれを考慮した設計に関する既往の研究について抄述している。

第2章では先ず任意の応力度—ひずみ度関係をもつ任意断面の曲げモーメント—曲率—軸力関係を定める基礎式を導き、次いで鋼の応力度—ひずみ度関係を完全弾塑性—直線硬化域をもつとして典型的断面である、H形断面両主軸まわりの曲げモーメント—曲率関係を求めている。直線形残留応力分布を仮定した場合の関係についても求めると共に、断面に存在する圧縮残留応力度と軸方向力との連成効果により一部塑性化した断面の剛性変化をも求めている。この剛性変化は中心圧縮柱の塑性座屈挙動の解明に重要である。また、後の骨組系の弾塑性解析に必要な接線係数および低下係数を曲率関数より定めている。

第3章では単一部材の非弾性域における安定問題を扱っている。すなわち、曲げモーメントをうける圧縮部材の安定限界点を比較的簡潔に解析表現する目的から、先の断面の曲率関数を最大モーメント点に集約するという仮定のもとに、非弾性域における挙動の一般的近似解析手法を示している。この近似解析手法を適用して初期不整（元撓み、元偏心、残留応力）を含む beam-column の安定限界を求め、骨組の塑性設計方式に用い易いような形にまとめている。別に数値積分による厳密解との比較を行い、この塑性設計式が十分正確であることを検証している。さらに、かように導かれた beam-column の塑性設計公式はいずれもこの部材の弾性座屈荷重（PE）の関数で表現され、弾性座屈荷重と存在軸力（P）との比 P/PE が

非弾性不安定現象の評価に関する尺度因子となりうることを指摘し、このことから部材の集合系である骨組全体の非弾性不安定現象でも、この系のもつ弾性座屈荷重 P/PE をパラメーターに整理できることを推察している。

第4章では長方形骨組系の最低次弾性座屈荷重の近似値を比較的迅速に求める手法について述べている。これは、骨組系を一種の等価弾性棒に置換して、各部変形量を C. Klouček の提案した変形分配法によって求め、これによる内外エネルギーの釣合を見るという手法によるものである。

第5章では、対称骨組に初期曲げが発生するような対称鉛直荷重系が働く場合の塑性座屈荷重について述べている。すなわち、鉛直荷重の増大につれ骨組各部に塑性域が進展すれば、水平方向に対する剛性が低下し分岐現象を呈するが、これは骨組の塑性座屈荷重と解され、過荷重時に対する設計の立場から重要である。

第6章では、鉛直荷重系 (W) と水平荷重系 (H) とをうけるいわゆる組合せ荷重下の骨組の弾塑性挙動について論じている。この組合せ荷重系は比例荷重 (H/W-比が一定値のもとに漸増する) と鉛直荷重一定、漸増水平荷重とに分けられるが、前者の場合 H/W-比が零に近づけば先に述べた分岐現象に近づくと考えられる。ここでは、数値解析結果よりこの傾向を論ずると共に、H/W-比が増せば骨組のもつ弾性座屈荷重比 P/PE をパラメーターに整理できることを示している。後者の鉛直荷重一定、水平荷重漸増の場合にも P/PE -比により非弾性不安定現象が整理されることを述べている。またこの荷重系を対象とした骨組の弾塑性解析に関する電子計算機プログラムの概要を説明している。

第7章では典型的な構造用鋼材 SS 41 ならびに高張力鋼を抽象する二種の応力度—ひずみ度関係 (完全弾塑性—直線ひずみ硬化域) を想定し、基本的な cantilever beam-column を対象に、塑性特性を最大モーメント点に集約させることにより、ひずみ硬化の不安定現象に与える効果を定量的に評価している。また門型骨組に関する数値解析を遂行し、先に cantilever beam-column に対して下した定性的ならびに定量的評価がほぼ成立することを指摘している。

第8章には新しいいくつかの規範による塑性設計の一方法が示されている。すなわちまず、設計の対象となる骨組系から各層にわたる分離骨組系を抽出し、その P/PE -比分布を骨組系の弾塑性安定性を判断する基準に選ぶ。次に安定限界時の層間変位比を仮定すれば、与えられた係数倍荷重系 (過荷重および組合せ荷重) に対し、鉛直荷重のなす付力曲げも含めた第一次設計を行うことができる。得られた部材断面をもつ骨組に対し、先の分離骨組系のもつ P/PE -比の層方向にわたる分布状況を求め、これより骨組の弾塑性安定性を判断し、必要であれば断面修正を行うという設計手順を踏む。この手法により実際的立場から想定された設計条件のもとに各種骨組の塑性設計を行い、得られた設計断面をもつ骨組の弾塑性解析を遂行してその妥当性を検証している。

論文審査の結果の要旨

塑性設計を高層建築構造物の設計に適用する場合に最も問題となるのは、骨組の弾塑性安定問題である。すなわち鉛直力による座屈の問題、ならびに鉛直力と水平力とが作用する場合の不安定現象を明らかにする必要がある。

本論文は塑性化された骨組の分岐問題ならびに不安定現象を解析的に求め、これらの結果を用いて高層骨組の塑性設計に関する一方式を示したものであり、得られた主要な成果を挙げれば次のようである。

1. H形断面の曲率関数、すなわち軸力の存在下におけるモーメント曲率関係をひずみ硬化および残留応力をも考慮した一般的な場合について求めた。とくに強軸まわりの曲げモーメントを受ける場合については、曲率関数をあらわす高精度の近似式を求めることに成功している。

2. 軸力と曲げを受ける部材について、塑性域を曲げモーメントが最大になる点に集約し、この点において上で求めた曲率関数を適用することにより、安定限界耐力を表わす極めて簡単な式を求めることに成功した。これは従来用いられていた経験式に近い形であるが、元たわみや残留応力の影響などの諸因子を包括した理論的近似式であるところに特徴がある。

3. 上記のような塑性域を1点に集約して、この点にモーメントと曲率の関係を与える方法より高い近似度をもつ方法として、塑性特性を部材内の有限個の点に付与する方法を示し、これを用いて弾塑性撓角法基本式を導いた。これは骨組の座屈問題および弾塑性安定問題一般に適用でき、利用範囲は広いものと思われる。

4. 単一部材についてばかりでなく、一部分が塑性化された骨組の弾塑性域における座屈荷重および弾塑性安定限界耐力、あるいは変形能力が、対象とする骨組の弾性座屈荷重比 P/PE を尺度因子とすれば良く整理されることを示した。

5. 長方形骨組を置換弾性棒とみなして解析する Klouček の方法を用いて弾性変形を計算し、これによって弾性座屈荷重を求める簡単で精度の高い方法が得られることを示した。

6. 前述の弾塑性座屈撓角法基本式を用いて、対称骨組に対称鉛直荷重が作用する場合の塑性座屈荷重、すなわち、塑性化された骨組系の分岐点を求める新しい方法を示した。さらに単純な骨組についての計算結果から、長方形骨組の塑性座屈荷重に関するいくつかの定性的な結論を示し、また塑性座屈荷重の下限値を与える簡単な式を導いた。

7. 鉛直荷重と水平荷重とを受ける骨組の荷重たわみ曲線を、比例負荷をうける場合および鉛直荷重一定、水平荷重漸増の場合について、弾塑性増分撓角基本式を用いて求める方法を示し、この方法によって求めた種々の門型骨組の耐力と、一般化した Rankine 公式による値とを比較し、一般に Rankine 公式が安全側すぎる値を与えるといわれているが、危険側の誤差を与える場合もあることを指摘した。

8. 鋼材のひずみ硬化が不安定現象に及ぼす影響について検討し、座屈荷重 P/PE が大きくなるに従い、ひずみ硬化による耐力の高まりが小さくなること、安定限界における変形量はひずみ硬化が大きい程大きい、 P/PE が大きくなるとほぼ一定になり、したがって $P/PE > 0.1$ の場合には、ひずみ硬化によって必ずしも安定限界点に関し有利となるとは限らないことを指摘した。

9. 以上の解析結果から帰納した比較的簡単な高層骨組の塑性設計法に関する一方法を提案し、この方法で設計した骨組が崩壊に至るまでの弾塑性性状を調べ、この方法の妥当性を検証した。

以上を要するに本論文は、塑性化された骨組の分岐問題ならびに不安定現象に対して多くの知見を加えるとともに、高層骨組の塑性設計に対する新しい方法を提案したものであり、学術上また実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。